



Somnoendoskopie

Endoskopische Untersuchung des Mesopharynx im Wachzustand und in Sedierung

Die propofolinduzierte Somnoendoskopie wird angewendet, um den Bereich des oberen Luftwegkollapses zu identifizieren [1] und um gleichzeitig den Effekt der Unterkieferprotrusion auf den Rachen im Schlaf zu überprüfen [2]. Es gibt derzeit keine Studien, die über die Weichteilstabilisation von Zunge, Weichgaumen und Rachenseitenwänden durch ein sogenanntes Zungenrepositionsmanöver (ZRM) im medikamentös induzierten Schlaf berichten. Ein additiver Effekt in der Erweiterung des mesopharyngealen Isthmus, der Engstelle des Mesopharynx, durch Stabilisierung dieser Weichteile mittels ZRM und Esmarch-Manöver in Kombination wird vermutet.

Der mesopharyngeale Isthmus als Engstelle der Luftwegpassage des mittleren Rachenabschnittes gehört zur anatomisch-funktionellen Einheit des velopharyngealen Sphinkters. In der Literatur wird diese mittlere Rachenregion auch als Velopharynx [3] oder retropalatinal Region des Oropharynx [4] bezeichnet, wobei der Begriff Oropharynx sich klinisch auf die Projektion dieser anatomischen Region auf das Cavum oris bezieht. Dieser Begriff ist jedoch problematisch, da es funktionsabhängig zu einer kulissenförmigen Verschiebung von dorsaler Zunge und dem Velum palatinum in der Vertikalen kommt, die dazu führt, dass das Velum in Ruheposition dorsal des freien Zungenkörpers angeordnet ist, die Mundhöhle von der Zunge ausgefüllt

wird und daher als Namensgeber des daran angrenzenden Pharynx funktionell ungeeignet ist. Daher ist der Mesopharynx als der kollapsfähige Abschnitt des Pharynx zwischen dorsaler Begrenzung des harten Gaumens kranial und der Spitze der Epiglottis kaudal in Respirationslage definiert. Der mesopharyngeale Isthmus und die begrenzenden anatomischen Komponenten dieser Engstelle können wegen fehlender knöcherner Unterstützung kollabieren [5]. Dies erfolgt während des Schlafes und der Anästhesie durch Verlust des Muskeltonus. Der Velopharynx als Teil des mittleren Rachenabschnittes ist demnach – als besonders enger Rachenabschnitt – vornehmlich prädisponiert zur Obstruktion im Schlaf und während der Anästhesie [6]. Dieser Rachenabschnitt wurde bereits weitgehend untersucht, so zeigten Abstandsmessungen im Rachenbereich mittels der Magnetresonanztomographie (MRT) bei gesunden, sedierten Patienten im Vergleich zu wachen Patienten kleinere Werte für den Weichgaumen als für den Zungenbereich [7]. Durch weitere Untersuchungen mittels MRT [8] und durch Röntgenaufnahmen mit gesunden Probanden [9, 10] wurde festgestellt, dass bei der propofol-anästhesierten Atmung – im Vergleich zur wachen Ruheatmung – eine Weichgaumenrückverlagerung an die hintere Rachenwand eintrat.

Vorangegangene Luftweguntersuchungen über den Effekt der Unterkiefer-

protrusion auf den mittleren Rachenbereich führten insgesamt zu unterschiedlichen Ergebnissen: Die endoskopische Untersuchung bei sedierten Schnarchern mit vorverlagerter Unterkiefer zeigte keine Veränderung in der retropalatinalen Region [11], dagegen wurde bei gesunden anästhesierten Personen endoskopisch eine signifikante Zunahme des Luftweges im Velopharynx durch Unterkiefernvorverlagerung beobachtet [12]. Weiterhin wird die Unterkiefernvorverlagerung mit Kopfüberstreckung und Nachbeugung bei anästhesierten Patienten, wie sie bei Anwendung des *Esmarch-Heiberg-Manövers* eintritt, um eine Luftwegobstruktion im Bereich des Weichgaumens zu verhindern, u. a. als das effektivste Manöver zur Luftwegweiterung beschrieben [13]. Dagegen zeigten endoskopische Untersuchungen bei Probanden im Wachzustand mit maximaler Unterkieferprotrusion im Vergleich zur wachen Ruheatmung ohne Vorverlagerung des Unterkiefers keine signifikanten Vergrößerungen der Querschnittsfläche im Velopharynx [14]. Demnach führt die Unterkiefernvorverlagerung offensichtlich zu unterschiedlichen Ergebnissen der Luftwegbeeinflussung im Bereich des Mesopharynx.

Das Verfahren der medikamentös induzierten Schlafendoskopie (*drug induced sleep endoscopy*, DISE) wird heutzutage im Rahmen der Schlafdiagnostik angewendet, um zum einen den Bereich des oberen Luftwegkollapses zu identifizie-



Abb. 1 ▲ Druckbeurteilung während des Zungenrepositionsmanövers bei stark negativem Druck im subpalatinalen Raum



Abb. 2 ▲ Vakuumaktivator mit Aufbissblock

ren [15] und zum anderen den Effekt der Unterkieferprotrusion und der Esmarch-Schiene auf den Rachen im Schlaf nachzuahmen [2]. Ein partielles Wiederöffnen des oberen Luftweges konnte hierbei auf dem Niveau des Weichgaumens mit dem sogenannten Kinn-Lift-Manöver durch manuelle Unterkieferanhebung mit Positionierung der Finger lingual der Inzisivenseiten gezeigt werden [2].

Ein anderes klinisches Manöver, das sogenannte Zungenrepositionsmanöver (ZRM), ermöglicht mittels intraoralem Unterdruck Weichgaumen und Zunge in Kontakt zu stellen – das ZRM führt zu einer anterioren und superioren Volumenverschiebung der Zunge aus dem Pharynx in die Mundhöhle [17]. Dabei kann das ZRM bei geschlossener Mundhöhle, einem negativen Druck im Gaumengewölbe und einer dazu engen Zungen-gaumenkontaktposition zu einer Erweiterung des Mesopharynx führen [16]. Das ZRM ist unabhängig von der Kieferrelation zu sehen und führt zu einer Anlagerung des Zungenvolumens an den harten Gaumen unabhängig von der Position des Unterkiefers. Das Ausmaß der Volumenverlagerung in Abhängigkeit von der Kieferlage ist bisher nicht untersucht worden. Weiterhin ist die okklusale Situation für die Durchführung des ZRM nachrangig, da die Ventilbildung des subpalatinalen Kompartiments mit der Kieferbasis und nicht mit der Zahnreihe erfolgt.

Über den *kombinierten* Effekt der Unterkieferprotrusion mit ZRM zur Erweiterung des mesopharyngealen Isthmus ist derzeit wenig bekannt. Nur vereinzelt wurde bisher über ein kombiniertes Manöver der Unterkieferprotrusi-

on bei gleichzeitigem Zungenweichgaumenkontakt berichtet. Eine Zungenvorverlagerung durch Unterkieferprotrusion führte in der Konsequenz zur synchronen Vorwärtsplatzierung des Weichgaumens im Sinne einer gemeinsamen Einheit [18].

Die oben genannten Studien berichten vorwiegend über Auswirkungen der Unterkieferprotrusion auf den oberen Luftweg zur Luftweiterung im Schlaf, jedoch werden keine Angaben zur Weichteilstabilisation von Zunge, Weichgaumen und Rachenseitenwänden über ein sogenanntes Zungenrepositionsmanöver (ZRM) gemacht. Bei der vorliegenden Untersuchung stand deshalb die endoskopische Verifizierung des ZRM im Vordergrund, welches mit dem Esmarch-Manöver kombiniert wurde, mit dem Versuch diese Weichteile zu stabilisieren. Darüber hinaus wurde ein additiver Effekt in der Erweiterung der Engstelle des Mesopharynx vermutet.

Das Ziel dieser Studie war es, den Öffnungszustand des mesopharyngealen Isthmus bei Spontanatmung, beim Zungenrepositionsmanöver (ZRM), beim Esmarch-Manöver und beim kombinierten Manöver der Zungenreposition (ZRM) mit Unterkiefervorverlagerung im Wachzustand und in propofolinduzierter Sedierung bei ausschließlich gesunden Probanden, die keine Pro- oder Retrognathie im Ruhebiss aufwiesen, quantitativ auszuwerten.

Methodik

Probanden

Das Probandenkollektiv von 50 Freiwilligen (32 Frauen, 18 Männer) im Alter von 23–57 Jahren befand sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in der Betreuung der Abteilungen Zahnärztliche Chirurgie, Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie, Dermatologie, Gynäkologie und Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (HNO) und hatte sich elektiv einer Operation in Intubationsnarkose (ITN) unterzogen. Ausschlusskriterien waren eine zu erwartende schwierige Intubation und/oder Maskenbeatmung, eine nicht erteilte Einwilligung im Rahmen der Patientenaufklärung, Muskelerkrankungen, periphere Nervenkrankungen sowie ein schwerwiegendes Krankheitsleiden in der Kopf-Hals-Region.

Untersuchungsgeräte

Videoendoskop

Zur Videoendoskopie wurde ein flexibles Nasopharyngoskop (Storz 1110 1RP2, Tuttlingen, Germany) verwendet. Die Endoskopkamera war gekoppelt mit einer Kaltlichtquelle (Storz 300 W Xenon, Tuttlingen, Germany). Alle endoskopischen Aufnahmen wurden mit einem Videorekorder und einem Mikrofon für simultane Tonaufzeichnungen dokumentiert.

Vakuumaktivator

Ein Vakuumaktivator (Silencos, Bredent, Senden, Germany) (Abb. 1) diente zur Kontrolle einer geschlossenen Ruhelage mit Anlagerung der Zunge an den harten Gaumen und Bildung eines velolinguinalen Verschlusses. Das Mundgerät bestand aus einem elastischen Mundvorhofschild mit Silikon und einem Trichter mit einer Einmalla-Extraktionsmembran, welches bei geschlossenen Lippen einen ventilartigen Verschluss zum äußeren, atmosphärischen Luftdruck bildete. Zwei innere Öffnungen standen im Kontakt zum Zahnbogen mit Verbindung zum interokklusalen Raum. Ein zu den Lippen in Kontakt gesetzter Adapter stellte die Verbindung zwischen dem Interokklusalkanalraum und dem äußeren Luftdruck her.

Somnoendoskopie. Endoskopische Untersuchung des Mesopharynx im Wachzustand und in Sedierung

Zusammenfassung

Hintergrund. Frühere Studien berichten über unterschiedliche Weitstellungen des Mesopharynx im Wachzustand und in Sedierung.

Fragestellung. Lässt sich der mesopharyngeale Isthmus im Wachzustand und in Sedierung durch bestimmte Manöver beeinflussen?

Material und Methoden. Bei 50 gesunden Probanden (18 m, 32 w) wurde der mesopharyngeale Isthmus im Wachzustand und in Sedierung endoskopisch untersucht und der intraorale Unterdruck mit einem Vakuumaktivator kontrolliert. Folgende Manöver wurden durchgeführt und dabei der Isthmus bildlich dokumentiert: Spontanatmung mit anteriorem Lippenschluss (SA), Unterkieferprotrusion

(UP), Zungenrepositionsmanöver (ZRM), Unterkieferprotrusion mit ZRM (UP, ZRM). Während des ZRM ist – bei geschlossenen Lippen – die Zunge an den Zahnreihen, den Hartgaumen und an das Velum angelagert. **Ergebnisse.** Im Wachzustand wurden 123 Bilder analysiert, davon 35 mit SA, 34 mit UP, 35 mit ZRM, 19 mit ZRM und UP. In Sedierung waren es 125, davon 35 mit SA, 32 mit UP, 34 mit ZRM, 24 mit ZRM und UP. Die Resultate zeigen, dass in Sedierung das ZRM einen signifikant *erweiternden Effekt* auf die Weite des mesopharyngealen Isthmus im Vergleich zur sedierten SA ohne ZRM ($p < 0,05$) hatte. Das kombinierte Manöver mit ZRM und UP hatte im Vergleich zur sedierten SA einen

additiven Effekt auf die Weitstellung des mesopharyngealen Isthmus ($p < 0,05$).

Schlussfolgerung. In Sedierung wird mittels ZRM und kombiniertem Manöver mit UP und ZRM der mesopharyngeale Isthmus durch Vorverlagerung der Zunge aus dem Pharynxraum mit enger Zungengaukenkontaktposition sowie durch Anlagerung des Velums am Zungenrücken stabilisiert.

Schlüsselwörter

Zungenrepositionsmanöver · Unterkiefervorverlagerung · Medikamentös induzierte Schlafendoskopie · Schlafendoskopie · Velopharynx

Sleep endoscopy. Endoscopic examination of the mesopharynx in wakefulness and sedation

Abstract

Background. Early studies report on different calibers of the mesopharynx opening in the states of wakefulness and sedation.

Objectives. Is it possible to manipulate the widening of the mesopharyngeal isthmus by particular maneuvers in the states of wakefulness and sedation?

Methods. The mesopharyngeal isthmus of 50 healthy subjects was examined endoscopically in wakefulness and under sedation. The intraoral negative pressure was controlled by a vacuum activator. The following maneuvers were performed and widening of the isthmus was documented pictorially: spontaneous breathing with closed lips (SB), mandibular advancement (MA),

tongue repositioning maneuver (TRM), and mandibular advancement combined with TRM (MA, TRM). While performing the tongue repositioning maneuver with closed lips, the tongue is adapted closely to the row of teeth and also to the hard and soft palate.

Results. In wakefulness, 123 endoscopic pictures were analyzed, 35 with SB, 34 with MA, 35 with TRM, 19 with TRM and MA. In sedation there were 125 pictures, 35 with SB, 32 with MA, 34 with TRM, 24 with TRM and MA. The results represent that in sedation the TRM has a significant widening effect on the opening of the mesopharyngeal isthmus compared to SB without TRM ($p < 0.05$). Compared to SB in sedation, the combined

maneuver of TRM and MA had an additional effect on the widening of the mesopharyngeal isthmus ($p < 0.05$).

Conclusions. In sedation, the mesopharyngeal isthmus is stabilized by the TRM and the combined maneuver with MA and TRM because of the forward displacement of the tongue out of the pharynx with closed contact to the hard palate and apposition of the velum to dorsum of the tongue.

Keywords

Tongue repositioning manoeuvre · Mandibular advancement · Drug induced sleep endoscopy · Sleep nasendoscopy · Velopharynx

Die Einmaltatexmembran zeigte bei einwärtsgerichteter Bewegung einen intraoralen Unterdruck von mehr als 10 mbar an. Die zweite Öffnung trug einen Adapter zur Aufnahme eines Kunststoffschlauches der Saugpumpe (max. –0,7 bar).

Bissblock

Bei unbezahnnten Probanden diente zur Imitation der verlorenen Zahnbögen ein aus Silikon hergestellter Aufbissblock, der zum Vakuumaktivator in den Mund des zahnlosen Probanden eingegliedert wurde (**Abb. 2**). Eine bo-

genförmige Perforation innerhalb des Aufbissblockes stellte eine Verbindung in der Mundhöhle zwischen Ober- und Unterkiefer zur verbesserten Luftabsaugung über die Saugpumpe im Zustand der Sedierung her.

Untersuchungsablauf

In horizontaler Körperposition erfolgte die endoskopische Untersuchung des mesopharyngealen Isthmus in 2 Phasen: 1. Im Wachzustand erfolgte vor dem Einführen des Nasopharyngosko-

pes durch den mittleren Nasengang zur Schmerzausschaltung eine oberflächliche Anästhesie im Bereich des Naseneinganges mit 10 %igem Xylocainpumpspray. Das Nasopharyngoskop (Storz 1110 1RP2, Tuttlingen, Germany) wurde anschließend im Epipharynx mit vertikaler Aufsicht auf den Isthmus positioniert und die endoskopische Aufnahme am Bildmonitor kontrolliert. Untersucht wurden die Öffnungszustände während der wachen Spontanatmung. Anschließend führte der Proband die Unterkieferprotrusion durch. Im An-

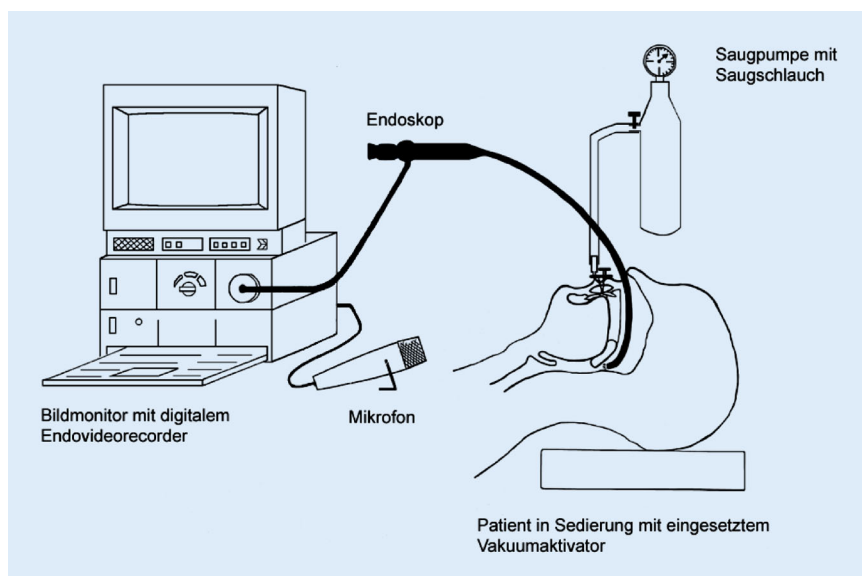


Abb. 3 ▲ Versuchsanordnung zur Untersuchung des mesopharyngealen Isthmus

schluss wurde der Vakuumaktivator in den Patientenmund eingesetzt und das Zungenrepositionsmanöver (ZRM) zur Einstellung eines subatmosphärischen Druckes zwischen Zungenoberfläche und Gaumengewölbe sowie zur Ausbildung eines velolinguale Verschlusses durchgeführt. Anschließend führte der Proband aktiv gleichzeitig beide Manöver durch.

Nach fraktionierter Gabe von Propofol i.v. sowie nach darauffolgender Gabe von Propofol per continuitatem mit 1–2 mg/kgKG/h erfolgte die Überführung des Patienten in die Sedierung, deren Tiefe so gesteuert wurde, dass eine passive Unterkieferprotrusion bei gleichzeitigem Erhalt der Spontanatmung toleriert wurde. Die endoskopische Untersuchung erfolgte methodentechnisch wie im Wachzustand. Während der sedierten Spontanatmung wurde die Unterkieferprotrusion mittels Esmarch-Handgriff durchgeführt. Die Ausführung des Zungenrepositionsmanövers erfolgte zusammen mit dem im Probandenmund eingesetzten Vakuumaktivator und einer Saugpumpe, welche über einen Saugschlauch und eine Öffnung am Mundschild verbunden wurden (**Abb. 3**). Das kombinierte Manöver der Zungenreposition mit Esmarch-Handgriff wurde der Reihenfolge nach als letztes durchgeführt. Bissregistrare zur Reproduzierbarkeit des Ruhebisses oder der Unterkieferprotru-

sion wurden nicht hergestellt. Die Ruhebisssituation erfolgte durch den Probanden rein habituell okklusal durch Kieferschluss in die IKP (= Interkuspidation).

Der mesopharyngeale Isthmus wurde als Fläche in Pixeln ermittelt. Es ergaben sich dafür folgende 8 Zustände:

1. Spontanatmung _{wach},
2. Protrusion _{wach},
3. Zungenrepositionsmanöver _{wach} (ZRM _{wach}),
4. Protrusion + ZRM _{wach},
5. Spontanatmung _{sed.},
6. Protrusion _{sed.},
7. Zungenrepositionsmanöver _{sed.} (ZRM _{sed.}),
8. Protrusion + ZRM _{sed.}.

Bestimmte Öffnungszustände mit dem jeweils einflussnehmenden Manöver wurden hinsichtlich ihrer Resultate direkt gegenübergestellt. Die erhobenen Daten zur Auswertung ergaben sich aus den Vergleichen folgender Zustände:

1. Spontanatmung _{sed.} vs. Protrusion _{sed.},
2. Spontanatmung _{sed.} vs. ZRM _{sed.},
3. Protrusion _{sed.} vs. Protrusion + ZRM _{sed.},
4. Spontanatmung _{sed.} vs. Spontanatmung _{wach},
5. Protrusion _{sed.} vs. Protrusion _{wach},
6. ZRM _{sed.} vs. ZRM _{wach},
7. Protrusion + ZRM _{sed.} vs. Protrusion + ZRM _{wach}.



Abb. 4 ▲ Bildsequenz mit festgelegter Messfläche (l - Lumen). Die Bildpunkte in Form von Pixeln gleicher Helligkeit wurden als Isolinie (i - Isolinie) markiert

Datenauswertung

Zur planimetrischen Vermessung der mesopharyngealen Öffnungszustände wurde das Bildverarbeitungsprogramm ImageJ 1.45s (Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, USA) verwendet. Zur Querschnittsflächenanalyse wurde die ausgewählte Bildsequenz aus der videoendoskopischen Aufnahme mit dem Programm Screenshot Captor v2.102.02 (DonationCoder, Reichler, Champaign, Illinois, Maryland, USA) in eine JPEG-Datei überführt und in das Programm ImageJ eingefügt. Die zu vermessende Querschnittsfläche ergab durch Markierung einen Zahlenwert an Pixeln als Maß des mesopharyngealen Öffnungszustandes. Pixel gleicher Helligkeit wurden als Isolinie markiert. Es wurde berücksichtigt, dass sich alle eingegrenzten Bildpunkte angenähert in einer Ebene befanden und der größtmögliche Öffnungszustand Grundlage jeder Messung war. Dadurch wurde gewährleistet, dass ein repräsentativer Öffnungsquerschnitt als Polygon in die Auswertung einging (**Abb. 4**). Es gingen nur diejenigen Querschnittsflächen in die Auswertung ein, die im endoskopischen Bild als Luftwegöffnung deutlich zu erkennen waren.

Helligkeitsabstufungen im endoskopischen Bild bewirken das Gefühl für räumliche Tiefe. Die Ebenen gleicher Tie-

Tab. 1 Statistische Vergleiche im Überblick

Unter-suchung	Parameter	Anzahl	Median (Pixel)	Q25 (Pixel)	Q75 (Pixel)	p-Wert	Signi-fikanz
1	Spontanatmung sed.	32	2398	722	5446	< 0,001	*
	Protrusion sed.		15775	2954	29967		
2	Spontanatmung sed.	34	2398	722	5446	0,010082	*
	ZRM sed.		6961	1205	21633		
3	Protrusion sed.	23	15775	2954	29967	0,008143	*
	Protrusion + ZRM sed.		30690,5	7888	41767		
4	Spontanatmung sed.	35	2398	722	5446	0,003552	*
	Spontanatmung wach		5630	2452	18105		
5	Protrusion sed.	32	15775	2954	29967	0,007497	*
	Protrusion wach		3582	651	9202		
6	ZRM sed.	34	6961	1205	21633	0,007088	*
	ZRM wach		767	-2412	8616		
7	Protrusion + ZRM sed.	14	30690	7888	41767	0,006319	*
	Protrusion + ZRM wach		5187	74	13568		

* Signifikanz, – fehlende Signifikanz

fe, und damit Ebenen der speziellen Öffnungsweite des Mesopharynx, konnten darum softwareunterstützt markiert werden. Dabei kam besonders der Vorteil der Bildqualität durch die hohe Bildauflösung zum Tragen, die durch die Vielzahl der Lichtleitfasern des flexiblen Glasfaserendoskopes erzeugt wird.

Alle erhobenen Daten wurden mittels Statistica Version 10 (Fa. StatSoft GmbH, Hamburg, Germany) ausgewertet. Für die metrischen Daten wurde ein T-Test für abhängige Stichproben herangezogen. Das Signifikanzniveau betrug in allen Analysen 5 %. Zur Korrektur von Fehleranalysen bei signifikanten Paarvergleichen wurde die Bonferroni-Methode angewendet.

Ergebnisse

Untersucht wurden 50 Probanden. Für den Wachzustand wurden insgesamt 123 Bilder analysiert, für die Sedierung 125.

Gründe für nicht auswertbare Querschnittsflächen waren:

- nicht durchführbare Manöver am Probanden,
- keine eindeutige Markierungsmöglichkeit der Querschnittsfläche im digitalen Bild wegen eines Speichelsees,
- der Verlust der vertikalen Aufsicht auf die mesopharyngeale Querschnittsfläche.

Die Auswertung aus den Vergleichen der jeweiligen Zustände ist in [Tab. 1](#)) dargestellt. Es handelt sich dabei um gültige Messergebnisse aus existierenden Messwerten statistischer Vergleiche der Zustände.

Im Folgenden werden intraindividuelle Ergebnisse der analysierten Öffnungszustände mit signifikantem Unterschied aus den durchgeführten Untersuchungen dargestellt ([Abb. 5 und 6](#)):

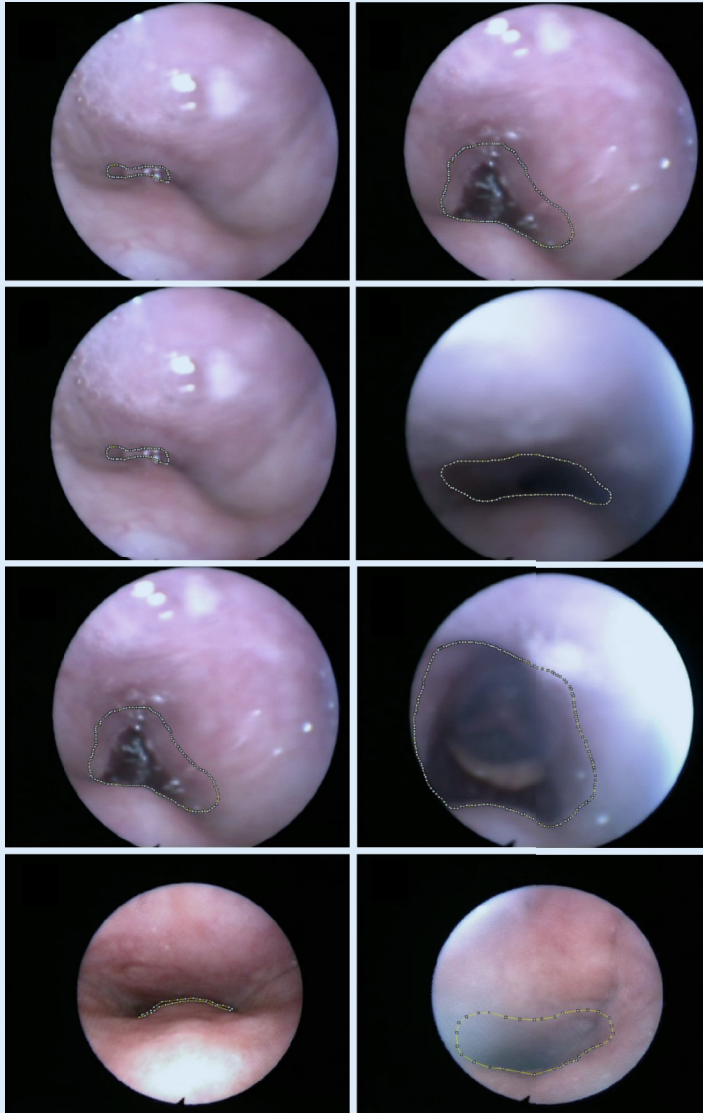
Diskussion

Gezielte Untersuchungen über die Dimension der oberen Luftwegpassage im Bereich des Mesopharynx als kollapsfähigem Segment des Rachens im Wach- und Schlafzustand sind notwendig, um Informationen über den Öffnungszustand im Fall der verminderten Rachenmuskulaktivität zu erhalten. Dabei sollten sowohl dem qualitativen als auch dem quantitativen Charakter von Ergebnisdaten aus Untersuchungen der Luftwegdimensionen eine angemessene Bedeutung zukommen. Croft und Pringle [15] benutzten die Schlafendoskopie zur Evaluation des oberen Luftweges und lieferten damit wertvolle Informationen in der Beurteilung des Schnarchens und der obstruktiven Schlafapnoe beim schlafenden Patienten. In der vorliegenden Untersuchung kommt gerade dem Aspekt der Beschreibung der bewusstseinsabhängigen

Veränderung der Luftwegweite des mesopharyngealen Isthmus unter Einfluss der Unterkieferprotrusion und des Zungenrepositionsmanövers (ZRM) eine hohe Bedeutung zu. Durch die Kombination dieser beiden Manöver in Verbindung mit der videoendoskopischen Auswertung liefert die vorliegende Studie erstmalig neue Erkenntnisse über den alleinigen Einfluss des ZRM und der Unterkieferprotrusion auf die bewusstseinsabhängige Weitstellung des Mesopharynx.

Die Anwendung der Isolinie gleicher Pixelhelligkeiten lässt – mit ausreichender Sicherheit – auf eine gleiche Pharynxebene schließen: Im endoskopischen Bild wird das Gefühl für räumliche Tiefe durch Helligkeitsabstufungen erzeugt. Diese zeigen zugleich Ebenen gleicher Tiefe und damit Ebenen einer speziellen Öffnungsweite. Die Helligkeitsabstufungen in vergleichbaren Ebenen haben in dieser Untersuchung eine besondere Bedeutung. Vergleichbare Flächenvermessungen von Luftwegquerschnitten im Rachen anhand endoskopisch generierter Bilder wurden bereits durchgeführt [14, 19]. Eine andere Untersuchung zur Bestimmung von Querschnittsflächen des Velopharynx mit einer doppelt durchgeführten Vermessung berichtet über einen geringen Koeffizienten der Variation von 3,8 % [14], wobei nur Bilder ausgewertet wurden, welche die gesamte Luftwegöffnung darstellten. Der Vorteil des Einsatzes des flexiblen Glasfaserendoskops liegt zum größten Teil in der Bildqualität mit hoher Bildauflösung. Da die Bildauflösung in Form von Pixeln erfolgt, lassen sich zugehörige Flächen markieren, deren Größe maßgeblich für die zu vergleichenden Zustände, Wachzustand und Sedierung, ist. Mittels sorgfältiger Vermessung mit der Bildverarbeitungssoftware ImageJ ist es möglich – wie auch andere Studien zeigen [20, 21, 22] – verlässliche Ergebnisse zu erzielen.

Die vorliegenden Studiendaten stammen aus videoendoskopischen Untersuchungen von ausschließlich gesunden Erwachsenen. Für den Vergleich *Spontanatmung sed.* vs. *Protrusion sed.* ergaben sich in Sedierung mit eingestellter Unterkieferprotrusion größere Werte als bei der Spontanatmung in Sedierung. Als Grund hierfür kann die mecha-



1.) *Spontanatmung sed. vs. Protrusion sed.* : Bei der Protrusion in Sedierung (rechts) im Vergleich zur Spontanatmung in Sedierung (links) nahm die Weitstellung des mesopharyngealen Isthmus tendenziell zu.

2.) *Spontanatmung sed. vs. ZRM sed.* : Der mesopharyngeale Öffnungszustand war in den meisten Untersuchungsfällen in Sedierung mit ZRM (rechts) weiter geöffnet als bei sedierter Spontanatmung (links).

3.) *Protrusion sed. vs. Protrusion + ZRM sed.* : Das kombinierte Manöver der Protrusion mit ZRM zeigte in Sedierung (rechts) bei den meisten Probanden einen additiven Effekt der Luftwegweitstellung, mehr als die Protrusion (links) alleine.

4.) *Spontanatmung sed. vs. Spontanatmung wach.* : Der mesopharyngeale Öffnungszustand war in den meisten Untersuchungsfällen mit Spontanatmung in Sedierung (links) kleiner als im Wachzustand (rechts).

Abb. 5 ◀ Intraindividuelle Ergebnisse der analysierten Öffnungszustände mit signifikantem Unterschied aus den Untersuchungen 1–4 (siehe **Tab. 1**)

nische Koppelung zwischen Unterkiefer und Zunge angeführt werden. Es kommt während des Vorschubes des Unterkiefers zur Zungenvorverlagerung, gleichzeitig wird der Weichgaumen über den Arcus palatoglossus stabilisiert. Eine Anteriorverlagerung des Weichgaumens ist dabei möglich. Gleiches wurde durch Hillman et al. [6] und Isono et al. [12] nachgewiesen. Neben vergrößerten Querschnitten wurden vereinzelt auch konstant bleibende Öffnungsgrade des mesopharyngealen Isthmus festgestellt. Dies blieb allerdings die Ausnahme und stellte nur vereinzelte individuelle Verhaltensmuster in dieser Untersuchung dar.

Der Vergleich *Spontanatmung sed. vs. ZRM sed.* zeigte, dass sich in Sedierung mit eingestelltem ZRM größere Werte in den meisten Untersuchungsfällen ergaben als bei der Spontanatmung in Sedierung. Dies könnte aus dem Beitrag des posterior gebildeten Mundschlusses unter Bildung einer velolinguale Abdichtung zur Mundhöhle mit flächenhafter Adaptation der Zunge am Weichgaumen resultieren. Der angestiegene flächenhafte adaptive Kontakt des Weichgaumens zum Zungenrücken verhindert den Weichgaumenrückfall. Diese Beobachtung stimmt mit denen von Engelke et al. [22] überein, die einen Anstieg in der Länge der velolinguale Kontaktzo-

ne während des ZRM beschrieben. Außerdem wird eine Zungenvorverlagerung durch das ZRM vermutet, das Velum erfährt durch den Weichteilzug einen zusätzlichen stabilisierenden Effekt. Dieser Beitrag dürfte im sedierten Zustand allerdings gering ausfallen und lässt sich derzeit nicht durch Beschreibungen anderer Autoren bestätigen oder widerlegen. Die Untersuchung stellt insofern erstmalig Ergebnisse zur Verfügung.

Zur eigenen Methodenkritik lässt sich bemerken, dass das ZRM im Wachzustand sowie das passiv durchgeführte ZRM in Sedierung methodisch identisch sind, aber mit verändertem Muskeltonus die Funktionswirkung des Vakuumak-

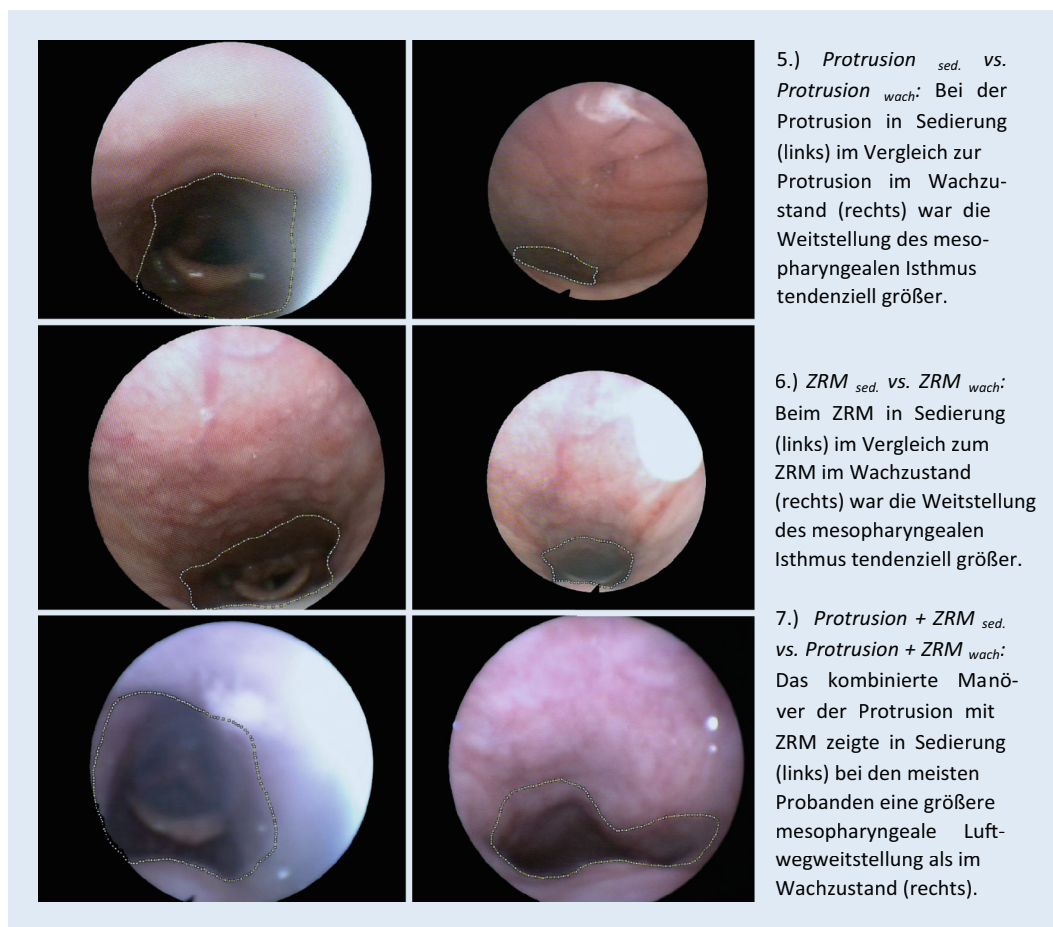


Abb. 6 ◀ Intraindividuelle Ergebnisse der analysierten Öffnungszustände mit signifikantem Unterschied aus den Untersuchungen 5–7 (siehe **Tab. 1**)

tivators unterschiedlich ausfällt. Die Stabilisierung des intraoralen Unterdrucks zwischen Gaumengewölbe und Zunge in Sedierung konnte nur mit zusätzlicher Anwendung der Saugpumpe erreicht werden.

Der Vergleich von *Protrusion*_{sed.} vs. *Protrusion + ZRM*_{sed.} zeigte, dass in Sedierung die Kombination aus Protrusion mit ZRM – im Vergleich zur alleinigen Protrusion – einen resultierenden additiven Effekt auf die Weitstellung des mesopharyngealen Isthmus hatte. Für das kombinierte Manöver ergeben sich signifikant größere Werte. Ergebnisse aus vergleichbaren Studien gibt es nicht. Somit stellt diese Untersuchung erstmalig Ergebnisse zur Unterkieferprotrusion mit ZRM bereit. Andere Autoren berichten in diesem Zusammenhang über einen normal vorhandenen posterioren Mundschluss zwischen Weichgaumen und Zunge. Die Zungenvorverlagerung mittels Unterkieferprotrusion ist demnach von einer synchronen Vorwärts-

platzierung des Weichgaumens begleitet [18]. Folglich könnte das ZRM ein zusätzliches Hilfsmittel zur effektiveren Luftwegweiterung in Kombination mit der Unterkieferprotrusion darstellen. Um die Sinnhaftigkeit und Effektivität des kombinierten Manövers zu beurteilen, wären Ergebnisse aus Schlafuntersuchungen mit OSA (obstruktive Schlafapnoe)-Patienten zwingend erforderlich.

Der mesopharyngeale Isthmus als Luftwegpassage wird durch die Rückseite des Velums, nach links und rechts durch die Rachenseitenwände sowie dorsal durch die Rachenhinterwand begrenzt. Der Vergleich *Spontanatmung*_{sed.} vs. *Spontanatmung*_{wach.} zeigte, dass der Isthmus sich bei der Spontanatmung vom Wachzustand in die Sedierung verkleinerte, was auf die Tonusabnahme der Rachenmuskulatur zurückzuführen ist. Wie Trudo et al. [23] berichteten kommt es zur zunehmenden Verdickung der seitlichen Rachenwände und des Weich-

gaumens. Darüber hinaus konnten wir beobachten, dass bei fehlendem velolingualem Verschluss ohne ZRM eine Rückverlagerung des Weichgaumens möglich ist und sich hierdurch der mesopharyngeale Isthmus zu lateralen Orifizien verkleinern kann.

Der Vergleich *Protrusion*_{sed.} vs. *Protrusion*_{wach.} zeigte bei der Protrusion in Sedierung in nahezu allen Fällen größere Werte. Gründe hierfür sind wegen schwieriger Studienlage nur zu vermuten und bedürfen weiterer wissenschaftlicher Analysen. Andere Autoren [18, 24, 25] können nur bedingt in die Erörterung der Frage, ob der Effekt der Protrusion im Wachzustand durch andere Faktoren maskiert worden ist, miteinbezogen werden. Wissenschaftliche Studien, die den Einfluss der Unterkieferprotrusion auf den mesopharyngealen Isthmus im Wachzustand und in der Sedierung miteinander vergleichen und beschreiben, fehlen. Diese Untersuchung zeigt hierfür erstmalig Ergebnisse auf. Es soll-

te erwähnt werden, dass zukünftige Untersuchungen zur Unterkieferprotrusion durch Erhebungen von zahnärztlichen Parametern ergänzt werden sollten, bspw. durch das Messen der Schneidekanten-distanz in der Sagittalen, um die effektive Kieferprotrusion zur Luftwegstabilisierung im Mesopharynx zahlenmäßig zu erfassen.

Der Vergleich $ZRM_{sed.}$ vs. ZRM_{wach} zeigte größere Öffnungsgrade im Wachzustand. Durch das ZRM wurden die Weichteile von Zunge, Velum und Rachen-seitenwände in Sedierung mit vermindertem Rachenmuskeltonus stabilisiert, eine Verkleinerung trat nicht ein. Vergleichbare Studien, die den Einfluss des ZRM im Wachzustand und in Sedierung auf den oberen Luftweg beschreiben, gibt es nicht. Hierdurch eröffnen sich dem Fach der Schlafmedizin neue Aspekte im Hinblick auf bisher noch ungeklärte Fragestellungen, die die kritische Überprüfung der Effektivität des ZRM als Möglichkeit der myofunktionellen Therapie für die mesopharyngeale Luftweg-erweiterung im Schlaf betreffen. Kritisch anzumerken ist, dass innerhalb dieser Untersuchung in Sedierung der subpa-latinale Unterdruck zur Durchführung des ZRM über eine Saugpumpe erzielt worden ist und nicht selbst von den Pro-banden erzeugt wurde.

Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse für den Vergleich *Protrusion* + $ZRM_{sed.}$ vs. *Protrusion* + ZRM_{wach} zeigten sich bei der Mehrheit der untersuchten Probanden in Sedierung größere Werte. Beide Manöver in Kombination haben sowohl im Wachzustand als auch in Sedierung einen additiven Effekt auf die Weitstellung des meso-pharyngealen Isthmus im Vergleich zur alleinigen Protrusion – dieser fällt in Sedierung offensichtlich unter Anwendung der Saugpumpe tendenziell größer aus. Studien, die das kombinierte Manöver untersucht haben, gibt es nicht. Diese Untersuchung stellt somit auch in diesem Punkt erstmalig Ergebnisse zur Verfügung. Weiterführende Analysen sind dennoch erforderlich, um repräsentative Aussagen zu diesem klinischen Manöver anführen zu können. Schließlich könnten Therapiemöglichkeiten zur Behandlung der obstruktiven SAS, mit

dem Ziel der Stabilisierung von Rachen-weichteilen des Mesopharynx, in der Konsequenz unserer Ergebnisse um ein bedeutendes klinisches Manöver ergänzt werden.

Fazit

- Unter Anwendung der beschriebenen Manöver konnte eine Querschnittsflächenvergrößerung der mesopharyngealen Luftwegpassage nachgewiesen werden.
- Es bestehen interindividuelle Unterschiede im Ansprechen auf die untersuchten Manöver.
- Die kombinierte Anwendung der Unterkieferprotrusion mit dem Zungenrepositionsmanöver zeigt einen additiven Effekt und führt zu einer größeren Weitstellung des mesopharyngealen Isthmus als das Protrusionsmanöver allein.
- Die Forschungsergebnisse bilden somit eine wertvolle Grundlage für weiterführende Untersuchungen zur Klärung der klinischen Bedeutung der kombinierten Anwendung beider Manöver.
- Der Einfluss des ZRM ist bisher nicht endoskopisch in Relation zum Effekt des Esmarch-Manövers quantifiziert worden. Hier setzt die vorliegende Untersuchung an.

Korrespondenzadresse



S. Scharfe

MGK-Klinik
Neue Fahrt 12, 34117 Kassel,
Deutschland
sebastianscharfe@gmx.de
info@mgk-chirurgie.de

W. Engelke

Klinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie,
Universitätsmedizin Göttingen
Robert-Koch-Straße 40, 37099 Göttingen,
Deutschland
wengelke@med.uni-goettingen.de

Danksagung. Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. Engelke für die persönliche Anteilnahme und wissenschaftliche Begleitung meiner Dissertation sowie Herrn PD Dr. Dr. Ludwig als Förderer und Unterstützer für die Realisierung der Publikation.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Scharfe, A. Ludwig, S.G. Russo, P. Klapsing und W. Engelke geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt.

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

Literatur

1. Ravesloot MJ, De Vries N (2011) One hundred consecutive patients undergoing drug-induced sleep endoscopy: results and evaluation. *Laryngoscope* 121:2710–2716. doi:10.1002/lary.22369
2. Vanderveken OM, Vroegop AV, Van de Heyning PH, Braem MJ (2011) Drug-induced sleep endoscopy completed with a simulation bite approach for the prediction of the outcome of treatment of obstructive sleep apnea with mandibular repositioning appliances. *Operat Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 22:175–182. doi:10.1016/j.otot.2011.05.001
3. Kezirian EJ, Hohenhorst W, De Vries N (2011) Drug-induced sleep endoscopy: the vote classification. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 268:1233–1236. doi:10.1007/s00405-011-1633-8
4. Schwab RJ, Gupta KB, Gefter WB, Metzger LJ, Hoffman EA, Pack AI (1995) Upper airway and soft tissue anatomy in normal subjects and patients with sleep-disordered breathing. *Am J Respir Crit Care Med* 152:1673–1689
5. Benumof JL (2002) Obstructive sleep apnea in the adult obese patient: implications for airway management. *Anesthesiol Clin North America* 20(4):789–811
6. Hillman DR, Platt PR, Eastwood PR (2003) The upper airway during anaesthesia. *Br J Anaesth* 91(1):31–39. doi:10.1093/bja/aegl26
7. Shorten GD, Opie NJ, Graziotti P, Morris I, Khangure M (1994) Assessment of upper airway anatomy in awake, sedated and anaesthetised patients using magnetic resonance imaging. *Anaesth Intensive Care* 22:165–169
8. Mathru M, Esch O, Lang J, Herbert ME, Chaljub G, Goodacre B, VanSonnenberg E (1996) Magnetic resonance imaging of the upper airway. *Anesthesiology* 84:273–278
9. Nandi PR, Charlesworth CH, Taylor SJ, Doré CJ, Nunn JF (1990) Effect of anaesthesia on the geometry of the pharynx. *Br J Anaesth* 64:384
10. Nandi PR, Charlesworth CH, Taylor SJ, Nunn JF, Doré CJ (1991) Effect of general anaesthesia on the pharynx. *Br J Anaesth* 66:157–162
11. Woodson BT, Feroah T, Connolly LA, Toohill RJ (1997) A method to evaluate upper airway mechanics following intervention in snorers. *Am J Otolaryngol* 18:306–314
12. Isono S, Tanaka A, Tagaito Y, Shio Y, Nishino T (1997) Pharyngeal patency in response to advancement

- of the mandible in obese anesthetized persons. *Anesthesiology* 87:1055–1062
13. Galloway DW (1990) Upper airway obstruction by the soft palate: influence of position of head, jaw and neck. *Br J Anaesth* 64:383–384
 14. Ferguson KA, Love LL, Ryan CF (1997) Effect of mandibular and tongue protrusion on upper airway size during wakefulness. *Am J Respir Crit Care Med* 155:1748–1754
 15. Croft CB, Pringle M (1991) Sleep nasendoscopy: A technique of assessment in snoring and obstructive sleep apnoea. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 16:504–509
 16. Engelke W, Repetto G, Mendoza-Gaertner M, Knoesel M (2007) Functional treatment of snoring using oral shields in conjunction with the tongue repositioning manoeuvre. *Int J Odontostomat* 1:133–139
 17. Engelke W, Engelhardt W, Mendoza-Gaertner M, Decco O, Barrirero J, Knoesel M (2010) Functional treatment of snoring based on the tongue repositioning manoeuvre. *Eur J Orthod* 32:490–495
 18. Battagel JM, L'Estrange PR, Nolan P, Harkness B (1998) The role of lateral cephalometric radiography and fluoroscopy in assessing mandibular advancement in sleep-related disorders. *Eur J Orthod* 20:121–132
 19. Borek RC, Thaler ER, Kim C, Jackson N, Mandel JE, Schwab RJ (2012) Quantitative airway analysis during drug-induced sleep endoscopy for evaluation of sleep apnea. *Laryngoscope* 122:2592–2599
 20. Armstrong JJ, Leigh MS, Sampson DD, Walsh JH, Hillman DR, Eastwood PR (2006) Quantitative upper airway imaging with anatomic optical coherence tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 173:226–233
 21. Walsh JH, Leigh MS, Paduch A, Maddison KJ, Phillippe DL, Armstrong JJ, Sampson DD, Hillman DR, Eastwood PR (2008) Evaluation of pharyngeal shape and size using anatomical optical coherence tomography in individuals with and without sleep apnoea. *J Sleep Res* 17:230–238
 22. Engelke W, Mendoza M, Repetto G (2006) Preliminary radiographic observations of the tongue repositioning manoeuvre. *Eur J Orthod* 28:618–623. doi:10.1093/ejo/cjl051
 23. Trudo FJ, Gefter WB, Welch KC, Gupta KB, Maislin G, Schwab RJ (1998) Staterelated changes in upper airway caliber and surrounding soft-tissue structures in normal subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 158:1259–1270
 24. Bonham PE, Currier GF, Orr WC, Othman J, Nanda RS (1988) The effect of a modified functional appliance on obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 94:384–392
 25. Mayer G, Meier-Ewert K (1995) Cephalometric predictors for orthopaedic mandibular advancement in obstructive sleep apnoea. *Eur J Orthod* 17:35–43

Wie Schlaf das räumliche Gedächtnis fördert

Die Schlafphase, in der wir träumen, spielt eine wichtige Rolle für das Gedächtnis. Warum das so ist, war bislang unklar. Zum ersten Mal konnte eine internationale Forschergruppe mit Berner Beteiligung einen kausalen Zusammenhang zwischen dieser Schlafphase und der räumlichen Erinnerung nachweisen.

Wenn unser Gehirn neue Informationen erhält, werden diese auf verschiedene Arten gespeichert – zum Beispiel als räumliche Erinnerung – und später wieder abgerufen, etwa für die räumliche Orientierung in einer Stadt. Seit Jahrzehnten wird vermutet, dass eine bestimmte Schlafphase, die sogenannte REM (Rapid Eye Movement)-Phase, in der wir träumen, direkt an der Entstehung von solchen Gedächtnisleistungen beteiligt ist.

«Hunderte von Studien haben bereits versucht, einen kausalen Zusammenhang zwischen REM-Schlaf und Erinnerung herzustellen», sagt Prof. Antoine Adamantidis, Gruppenleiter Neurologie des Departements Klinische Forschung der Universität Bern und Schlaf-Wach-Epilepsie-Zentrum des Inselspitals Bern. «Bisher konnte jedoch die Aktivität von Nervenzellen während des REM-Schlafes mittels traditioneller Methoden nicht isoliert untersucht werden.»

Dies ist nun dank einer neuen Technologie erstmals gelungen. Zusammen mit Forschenden um den Psychiatrieprofessor Sylvain Williams des Douglas Mental Health University Institute und der McGill University in Montreal, Kanada, beschreibt Adamantidis einen Mechanismus im Mausmodell, der essenziell ist für die räumliche Erinnerung. Die Studie wurde nun im Journal «Science» publiziert.

Für ihre Studie setzten die Forschenden die Optogenetik ein – eine relativ neue Technik, die es erlaubt, genetisch veränderte Nervenzellen im Gehirn mittels Licht «fern-zusteuern». Im Visier hatten sie dabei insbesondere eine Formation von Nervenzellen, welche den Hippocampus regulieren, eine Gehirnregion, die im Wachzustand eine zentrale Rolle spielt für das räumliche Gedächtnis und die deshalb als «GPS-System» des Gehirns bezeichnet wird.

Nachdem die Forschergruppe Mäuse so trainiert hatte, dass sie eine räumliche Orientierungs-Aufgabe lösen konnten, beobachteten sie sie im Schlaf. Mittels Lichtpulsen unterdrückten sie die für die räumliche Gedächtnisleistung zuständigen Nervenzellen während der REM-Phase. Am nächsten Tag testeten die Forschenden, ob die Mäuse sich an die Aufgabe vom Vortag erinnerten, und stellten fest, dass deren räumliche Orientierung signifikant schwächer war. Laut den Forschenden wäre es nun interessant zu wissen, ob und wie die Aktivität von Nervenzellen in der REM- und Tiefschlafphase koordiniert werden, um unterschiedliche Arten von Gedächtnis zu generieren. Die Ergebnisse der Studie können auch für die Behandlung von Schlafstörungen von Bedeutung sein, da diese heute zu den häufigsten Gesundheitsproblemen zählen. Schlafmangel verursacht zahllose Auto- oder Arbeitsunfälle und wird mit mehreren Erkrankungen des Gehirns in Verbindung gebracht – darunter die Alzheimer-Krankheit.

Die Forschenden sind überzeugt, dass ein besseres Verständnis der REM-Phase von großem gesellschaftlichem Interesse ist und dazu beitragen kann, Schlafstörungen und damit verbundene Neurodegenerationen besser zu behandeln.

Literatur

Richard Boyce, Stephen D. Glasgow, Sylvain Williams and Antoine Adamantidis: Causal Evidence for the Role of REM Sleep Theta Rhythm in Contextual Memory Consolidation. *Science*, 13. Mai 2016, Vol. 352, Issue 6287, pp. 812–816. DOI: 10.1126/science.aad5252